

LA REVOLUCIÓN COPERNICANA Y QUIÉNES LA HICIERON

Carlos Solís Santos

ES UN LUGAR COMÚN recurrir a la palabra “revolución” para hacer referencia a la obra científica de Copérnico. Sin embargo, como pretendo demostrar aquí la presunta revolución copernicana es algo al menos problemático. En alguna medida, el uso de la palabra implica un cierto grado de convencionalismo y no deseo ahora cambiar las convenciones ni discutir sobre ellas. Mi propósito, por el contrario, es intentar esclarecer el alcance del cambio científico realizado por Copérnico para discutir con ello su carácter revolucionario. He dicho antes que la palabra “revolución” ha sido usada de un modo más bien vago y laudatorio que preciso, al menos en el campo científico. Con todo, hay un uso más técnico de la palabra analizado y expuesto por T. S. Kuhn, 1962, al que me referiré al final. La tesis que pretendo exponer sumariamente es que, ni siquiera en este sentido preciso de la palabra, la teoría copernicana representa una revolución cabal. (Es precisamente T. S. Kuhn, 1957, quien nos ha ofrecido una excelente descripción histórica de la “revolución copernicana”).

Pero, una vez más, no me preocupa tanto el problema de la aplicación de las palabras cuanto el establecimiento de los hechos. Pretendo, pues, mostrar que, al menos en un sentido —y nada trivial—, se puede decir que la revolución copernicana no es obra de Copérnico, sino de aquellos de sus seguidores que aceptaron el reto del copernicanismo (Bruno, Galileo, Kepler...), reto que estaba preñado de consecuencias insospechadas y no queridas por el propio Copérnico.

Las teorías son intentos de resolver los problemas planteados en un campo, pero dichos problemas se plantean

necesariamente en unos términos dados por las teorías precedentes. Si no hay “hechos brutos”, si los hechos dependen de las teorías, mucho más aún dependerán de ellas los enunciados problemáticos. Si algo nos sorprende como problema, ello se debe a que choca con nuestras expectativas —también con nuestros deseos— indicando que hay algo que no va bien en nuestro esquema conceptual. Los supuestos “hechos brutos” no son problemáticos; sí lo son, por el contrario, nuestras pretensiones de haberlos cazado en una norma general, una ley; sobre todo cuando nos enfrentamos a un contraejemplo. Son estos contraejemplos de nuestras teorías los que plantean un problema y nos impulsan avanzando, tal vez, una nueva hipótesis. La tarea de la historia de la ciencia es precisamente ésta: tratar de reconstruir la *situación problemática* (cf. K. R. Popper, 1968) de que parte una teoría para ver de qué modo logra resolverla. De esta manera conseguiremos a la vez evitar las deformaciones históricas debidas a la proyección sobre el pasado de nuestras categorías (y soluciones) científicas actuales y alcanzar una comprensión adecuada del alcance y originalidad de los logros pretéritos. En el apartado I intentaré exponer la *situación problemática* tal como estaba planteada para Copérnico; en el apartado II, abordaré el problema de delimitar el alcance de la “revolución” copernicana, y en el III aludiré brevemente a las consecuencias inesperadas de la misma.

I. *La Situación Problemática*

En tiempos de Copérnico, la astronomía tradicional (la de Ptolomeo) había llegado a ser un escándalo. La razón estribaba en una creciente desarticulación entre los hechos conocidos y el marco de la teoría en el que se les pretendía hacer encajar. Durante muchos años, la astronomía ptolemaica se había mostrado como un instrumento capaz de “salvar los fenómenos”; es decir, de mostrar que las posiciones observadas de los cuerpos celestes eran las que cabía esperar en función de la teoría.* Siempre se habían pre-

* Aunque hable aquí de *teoría* ptolemaica, no quiero suscribir con ello la falsedad histórica tan común de atribuir a Ptolomeo un

sentado dificultades en esta tarea, pero no eran más que eso: dificultades que tarde o temprano acabarían resolviéndose con ayuda de la teoría. Nadie pensaba que el instrumento teórico no fuese capaz de suministrar soluciones suficientemente buenas. El que no fuese siempre así se debía a la inhabilidad de los astrónomos y no a la ineficiencia del instrumento. Sin embargo, los repetidos fracasos terminaron por suscitar cada vez con más fuerza la idea de que tal vez la incapacidad no fuese imputable a los astrónomos, sino a la teoría, a los principios mismos de la construcción astronómica. ¿Cuáles eran esos principios, esas construcciones y sus dificultades?

Las bases de la solución ptolemaica se remontan a Platón, cuyo problema consistía en hacer comprensible el comportamiento de los cuerpos celestes. Para los filósofos griegos, uno de los problemas fundamentales era comprender la naturaleza; pero ésta se mostraba aparentemente como un conjunto demasiado desordenado y caótico como para ser captado intelectualmente. Por eso, era necesario descubrir, tras el enmarañado y cambiante conjunto de apariencias suministradas por los sentidos, aquellos rasgos necesarios, universales e inmutables que mostrasen el carácter racional de la naturaleza, carácter sólo accesible a la razón. La tarea fundamental de los primeros filósofos era, pues, dotar a la naturaleza de un orden necesario que la hiciese accesible al conocimiento intelectual a pesar del aparente desorden de que eran testigo los sentidos. La idea de *cosmos*, frente a *caos*, es precisamente la que recoge el ideal de aquellos filósofos. Entre ellos, los pitagóricos habían conjeturado que el orden cosmológico era un orden matemático de carácter aritmético. La esencia de las cosas, su verdadera constitución, eran números; no es que la aritmética fuese un cálculo útil a la hora de formular afirmaciones acerca

sistema planetario. Ptolomeo nunca construyó un *sistema* que explicase el conjunto de las apariencias celestes. Por el contrario, abordaba cada problema aislado con una construcción matemática particular, frecuentemente incompatible con las construcciones ingenieras para otros problemas. Sería más correcto emplear *instrumental* en lugar de *teoría*. Cf. N. R. Hanson, 1973, págs. 145 y sigs.

de la naturaleza, sino que ella misma era de naturaleza matemática. La distinción entre ciencias naturales y formales es una distinción que sólo empieza a hacerse consciente a partir del Renacimiento. Hasta entonces, las proposiciones matemáticas no eran wittgensteinianas tautologías vacías de contenido, sino que eran genuinas afirmaciones acerca de los aspectos necesarios y máximamente racionales del mundo. Sin embargo, esta idea pitagórica hizo crisis —tal vez una de las mayores crisis de la historia de la ciencia— cuando se descubrió una “irracionalidad” en el seno mismo de las matemáticas —vale decir, en el seno de la filosofía natural— que alcanzaba al ideal cosmológico. Se trata de la conocida inconmensurabilidad de la diagonal del cuadrado con el lado. Si ambas magnitudes son inconmensurables, si ninguna división en partes alícuotas del lado puede suministrar una unidad que, tomada un número entero de veces, mida la diagonal, es que nuestra conjetura acerca de la constitución del cosmos es un fracaso. Las matemáticas no nos suministran la “razón” de las cosas; es incapaz de mostrarnos su “racionalidad”. La violencia de la crisis no hace más que mostrar que no se trataba de un simple problema matemático, sino que era algo más profundo y devastador. Sin embargo, la crisis fue un acicate fecundo para el desarrollo intelectual, hasta el punto de que el desarrollo de la ciencia es, en gran medida a partir de aquí, un esfuerzo por salvar el ideal pitagórico.

En más de un aspecto, Platón era un pitagórico. No sólo en cosmología; recuérdense sus mitos morales. La tarea que se impuso fue la de salvar el ideal pitagórico (la constitución matemática del cosmos) sustituyendo la aritmética por la geometría. Un buen resultado de su programa fue la Teoría de las Proposiciones de Eudoxo (la base del Libro V de Euclides), capaz de enfrentarse al problema de tratar con magnitudes inconmensurables. Otro de ellos, también debido a Eudoxo (que sirvió de base a la teoría de Ptolomeo), fue reducir las desordenadas apariencias celestes a un orden subyacente de carácter geométrico.

Para Platón, si queremos abordar la astronomía “científicamente” (es decir, de modo que empleemos para ello

nuestro entendimiento ordenador, el único capaz de *conocer* el cosmos), debemos de recurrir a la geometría sin preocuparnos observando los cielos. (La observación sólo nos pondrá en contacto con el farrago de las apariencias.) Efectivamente, los hechos sin teorías son ciegos; razón por la cual lo que en aquel momento se necesitaba no era un mayor número de datos, sino una teoría capaz de explicarlos (cf. S. Toulmin, 1961, pág. 90). Platón se sentía turbado ante la irregularidad del comportamiento planetario. Su problema era ver tras él la regularidad y el orden cosmológico de la geometría; su programa, reducir la aparente irregularidad al orden geométrico "ideal" que es lo único *real* (i. e., no aparente). Para él, el movimiento *uniforme y circular* representaba precisamente ese orden *real*, porque era el único capaz de salvaguardar la necesidad e inmutabilidad matemática de los cielos. Dado que el sistema astronómico no permanece inmóvil, el único movimiento compatible con el orden es el circular (las relaciones de distancia al centro del sistema son constantes). Por otro lado, la inmutabilidad necesaria queda salvaguardada por cuanto que los círculos se cierran sobre sí mismos reiterándose perpetuamente y evitando las mutaciones (los cambios de lugar son cíclicos, cerrados, finitos, geométricos y uniformes).

La esfera de las estrellas fijas cumplía fielmente este modelo ideal: una vez al día ejecutaba una revolución circular en torno a la Tierra con un movimiento uniforme. Lo que había que hacer, consiguientemente, era reducir los movimientos de los otros cuerpos celestes a combinaciones de movimientos *circulares y uniformes*.

Si añadimos a estas normas de procedimiento la tesis de sentido común de que la tierra está inmóvil en el centro del orbe de las estrellas fijas que constituye el límite del mundo, tenemos claramente planteado el marco del acertijo a resolver: la construcción geométrica de círculos cuyos movimientos uniformes sean capaces de "salvar los fenómenos".

Esta fue la tarea emprendida por Eudoxo, pero mientras que Platón consideraba que las explicaciones astronómicas

no pasaban de ser meras construcciones geométricas, Eudoxo se planteaba el problema de si dichas construcciones tenían una entidad física y, en caso afirmativo, cuál era el mecanismo por el que se movían. Esta otra cara del problema fue la abordada por Aristóteles desde una perspectiva cualitativa alejada de las matemáticas. Brevemente, las esferas en que están situados cada uno de los planetas están encajadas unas dentro de otras y, entre ellas, hay esferas *compensadoras*. La esfera de las estrellas fijas es la que trasmite el movimiento al vasto sistema de engranajes cósmico hasta la esfera de la Luna. Por otro lado, el *motor inmóvil* explica lo único inexplicado de este sistema de relojería: el movimiento de la esfera superior. Con Aristóteles, la imagen cosmológica griega alcanzó una notable perfección: junto a la posibilidad de alcanzar la precisión matemática en la descripción de los movimientos planetarios se contaba con un modelo visualizable que explicaba el mecanismo mediante el cual se movía el conjunto de las esferas cristalinas.

Este es el punto de partida de Ptolomeo. Pero, aunque aceptaba la física aristotélica, limitó sus trabajos a la articulación matemática de la astronomía, despreocupándose de las explicaciones físicas (mecánicas). En este sentido —no en otros— es más platónico que aristotélico. Sus métodos matemáticos son ingeniosos y precisos, además de ajustarse al ideal platónico de reconstruir las apariencias mediante movimientos circulares y uniformes. Como es de sobra conocido, sus recursos básicos eran los *epiciclos* (círculos sobre *deferentes*), las *excéntricas* —ambos ya conocidos— y los *ecuantas*, su aportación personal. Las dos primeras construcciones salvaban fundamentalmente la forma circular de las trayectorias, la última, la uniformidad del movimiento.

Con este tinglado se podían reconstruir, prácticamente, todos los movimientos observados con la precisión permitida en la época. Sin embargo, sus procedimientos hacen alarde de una falta de escrúpulos que nos deja perplejos. No parece tener el más mínimo inconveniente en resolver los distintos problemas relativos a un mismo cuerpo celeste —posición, velocidad, diámetro aparente— con otras tantas construc-

ciones distintas e incompatibles. Esta posición suya era físicamente insatisfactoria e incompatible con la idea aristotélica. Su solución consistió en adoptar un giro instrumentalista: “el astrónomo debe esforzarse... por hacer que sus hipótesis... concuerden con los movimientos celestes; pero si no lo consigue, debe tomar las hipótesis que más le convengan” (*Almagesto*; cit. en Taton, 1966, pág. 403). Es decir, las teorías no tienen por que ser *verdaderas*, basta con que sean *útiles*. Esta estratagema metodológica tiene por misión inmunizar a la teoría de la crítica, al eliminar una fuente de dificultades falsadoras. Dicha posición consiste fundamentalmente en rechazar todo intento de interpretar realista-mente los términos teóricos: los *ecuantas*, los *epiciclos* y *excéntricas* no representan ni describen nada existente; no son sino *instrumentos* matemáticos sin entidad física que nos facilitan los cálculos y nos permiten manejar adecuadamente los objetos referidos por los términos observacionales. (Para una discusión del *instrumentalismo*, véase K. R. Popper, cap. 3.) En este punto, Ptolomeo se aleja de Aristóteles, legando a sus sucesores una escisión drástica entre la astronomía y la física, entre la descripción matemática y la explicación mecánica que, junto con los *ecuantas*, constituirá el punto de ataque de Copérnico.

Dada la precisión del aparato matemático de Ptolomeo y su inmunización frente a las incoherencias derivadas de una interpretación realista, no es de extrañar que su astronomía gozase de un gran éxito y eficacia. Pero tampoco es de extrañar que con el paso del tiempo y el problema del aumento de las dificultades a resolver, la teoría se fuese haciendo cada vez más farragosa e inconexa. En efecto, el procedimiento de ingeniar una construcción nueva para cada problema surgido convirtió a la astronomía en un conjunto de “manos, pies, cabeza y otros miembros, todos ellos perfectos, pero no conformados ni relacionados en un solo y mismo cuerpo y sin guardar correspondencia entre sí” por lo que constituyen “más bien un monstruo que un hombre” (Copérnico, 1543, pág. 42).

II. La Reacción Copernicana

La situación de la astronomía en tiempos de Copérnico era, pues, un escándalo. Ya Alfonso X había dicho que si el viejo Dios Padre le hubiese consultado a la hora de crear la trama de los cielos, hubiese recibido buenos consejos. La descripción ptolemaica del cosmos daba una imagen demasiado desarticulada e irracional del mismo. Por eso, aunque Copérnico admitía que “las teorías planetarias de Ptolomeo [eran] compatibles con los datos numéricos” (*Commentariolus*, cit. en S. Toulmin, 1961, pág. 202), con todo, le dejaban insatisfecho. Esta insatisfactoriedad señala el problema que Copérnico se propuso resolver; pero, ¿cuáles eran las expectativas ideales en virtud de las que esas teorías numéricamente precisas se declaraban fallidas?

Quienes deducen “los movimientos aparentes con cálculos exactos”, dice Copérnico, “han admitido al mismo tiempo muchas cosas que, al parecer, *contradicen los principios* de la uniformidad del movimiento” (cf. su 1543, Prefacio; el subrayado es mío). Como ya quedó dicho, el recurso a *ecuan-tes* era algo intelectualmente insatisfactorio, pues arruinaba la uniformidad del movimiento circular. Un movimiento circular respecto a un centro y uniforme respecto a otro no es un movimiento circular y uniforme: “parece, entonces, que los planetas no se mueven con velocidad uniforme en sus círculos deferentes ni alrededor de los centros de sus epiciclos. Un sistema semejante no es suficientemente absoluto ni atractivo para la mente” (*Commentariolus*, cit. en Toulmin, 1961, pág. 194).

El problema de Copérnico era, pues, en primer lugar, reconciliar la astronomía con el ideal platónico de inteligibilidad cosmológica que el instrumentalismo ptolemaico había transgredido solapadamente. Dicha consecuencia indeseable es el resultado de aceptar cualesquiera hipótesis útiles sin preocuparse de su inteligibilidad “ideal”, siguiendo así *principios* que no son *ciertos*. “Porque, si las hipótesis admitidas por ellos no hubiesen sido falsas, todo lo que depende de ellas se hubiera verificado sin duda alguna” (Copérnico, 1543, pág. 42).

Se ve así, que, junto con la fidelidad al ideal matemático platónico, interpretado de manera ortodoxa, Copérnico abraza también la pretensión aristotélica de producir una imagen real del cosmos capaz de suministrar una “explicación verdadera de los moviminetos de la máquina del mundo” (*ibid.*, pág. 42).

He aquí, pues, las premisas del problema de Copérnico: obtener los fenómenos con la precisión alcanzada por la astronomía ptolemaica, aunque no a cualquier precio. Dichos resultados habrían de obtenerse partiendo, por un lado, del ideal platónico consistente en recurrir a movimientos armónicos simples (círculos con movimiento uniforme) para explicar la creciente complejidad del movimiento celeste y, por otro, del ideal aristotélico consistente en interpretar realistamente las hipótesis matemáticas, que se convierten así en mecanismos físicos realmente existentes.

Nada, pue, más alejado del espíritu de Copérnico que las ideas vertidas fraudulentamente por Osiander al comienzo del *De Revolutionibus* (*Al Lector, acerca de las Hipótesis de esta Obra*) donde afirma en el mejor y más clásico espíritu instrumentalista: “...es propio del astrónomo examinar... los movimientos celestes... y, luego, *idear o imaginar* cualesquiera causas o hipótesis —ya que de ninguna manera podrá alcanzar las *verdaderas*— sobre la base de las cuales podrán calcularse *correctamente* dichos movimientos, de acuerdo con los principios de la geometría...” (*ibid.*, pág. 35; el subrayado es mío). Nada más ajeno a Copérnico que esta advertencia al lector,* pues la capacidad de calcular correctamente no es lo que le desagradaba de Ptolomeo, sino, precisamente, su procedimiento de “*imaginar* cualesquiera causas o hipótesis” que, al transgredir los principios platónicos (que no eran simplemente geométricos —en sentido actual— sino, fundamentalmente, principios pitagóricos de inteligibilidad racional) priva a dichas construcciones de su carácter de

* Dejo aquí de lado el problema de la génesis de dicha *Advertencia*, si era o no una astucia para escapar a la persecución clerical. Lo que aquí me interesa del viejo zorro Osiander es el contenido objetivo de su prólogo, para resaltar contra ese trasfondo la posición del propio Copérnico.

verdad. Copérnico buscaba explicaciones precisas que fuesen a la vez verdaderas, pues sólo siendo verdaderas podrían cumplir satisfactoriamente con la exactitud.

Por tanto, la presunta revolución copernicana se nos ofrece como una reacción ortodoxa frente a las “licencias geométricas” de Ptolomeo; como una vuelta a los viejos ideales de la cosmología filosófica griega. ¿Cuál es, entonces, la innovación de Copérnico? Ya había dicho más arriba (pág. 5) que los principios de explicación cosmológica se habían aplicado a la evidencia de sentido común de que la Tierra estaba inmóvil en el centro del orbe de las estrellas fijas. La solución copernicana consistió en sustituir esta idea trivial por otra más sofisticada y anti-intuitiva, vagamente apoyada en las especulaciones sobre el movimiento terrestre, un tanto equívocas, de Filolao, Heráclides, Ecfanto, etc., así como en la tradición de Nicolás de Cusa y Regiomontano, tan viva en las universidades en que Copérnico había estudiado. Los principios generales de la ciencia se conservan y aún se fortalecen, los elementos a explicar son los mismos (Copérnico realizó contadas observaciones a lo largo de su vida); lo único que cambia, por tanto, es la reordenación de mismo material que obedece a los mismos principios. Toda la originalidad de Copérnico se reduce a sus famosos siete supuestos básicos, ingenidados para superar las dificultades ptolemaicas: “Como advertí estos defectos, con frecuencia consideré si no era posible acaso encontrar *una disposición más razonable de los círculos...* en la cual cada cosa se moviese uniformemente sobre su propio centro, como lo exige la regla del movimiento absoluto” (*Commentariolus*, cit. en Koestler, 1959, pág. 147; el subrayado es mío). He aquí la nueva disposición:

- a) No hay un centro común a todos los astros,
- b) La Tierra es el centro de la Luna y de la gravedad (peso),
- c) El Sol es el centro del sistema planetario,
- d) La distancia al Sol es infinitamente pequeña comparada con la que hay a las estrellas fijas,

- e) La Tierra gira diariamente sobre su eje, dando así la impresión de que es el firmamento el que gira,
- f) La Tierra y los demás planetas giran en torno al Sol, dando así la impresión de que éste tiene un movimiento anual,
- g) Las detenciones y retrocesos aparentes de los planetas se deben a la misma causa.

Evidentemente, la redistribución de los viejos muebles llevaba dinamita; pero no fue Copérnico el encargado de hacerla explotar. Copérnico, más que el primer renacentista, es el último clásico; tal vez sea el hito que señale la separación entre el viejo mundo y el moderno, aunque, como otro de sus contemporáneos (Lutero) se queda del lado de allá de la división por sus orientaciones, ideales y principios; no así por sus obras que, gozando de una autonomía propia, siendo, después de todo, hijas de su tiempo, entrañaban consecuencias inesperadas como el surgimiento de un nuevo mundo y una nueva sociedad cuyas características estaban llamadas a determinar.

Hemos visto cuáles eran las reglas de juego de Copérnico, cuál era el problema que abordó y de qué manera trató de resolverlo. Queda ver en qué paró la historia, pues la solución copernicana era ostensiblemente insatisfactoria. En primer lugar, en el *Commentariolus*, Copérnico había anunciado una drástica reducción de las construcciones precisas para explicar el movimiento de los cuerpos celestes: emplear 34 círculos en lugar de los 40 (ajustados por Peurbach en el siglo xv) no era una simplificación despreciable. Con todo, a la hora de llevar adelante su tarea en el *De Revolutionibus* se vio obligado a recurrir a 48 de esos círculos. A pesar de ello, la precisión no había aumentado a la par que la disminución de simplicidad. La única ganancia era la simplicidad inicial de la idea, empañada por la proliferación de construcciones.* En segundo lugar, el realismo aristoté-

* Afortunadamente, sus contemporáneos y seguidores no debieron de leer muy a fondo su 1543, contentándose con conocer al copernicanismo a través del eufórico y propagandístico *Commentariolus*. (Cf. Koestler, 1959, págs. 190-4.)

lico de Copérnico no hacía más que poner en evidencia la incoherencia del sistema. Había una buena media docena de argumentos, iniciados por Ptolomeo, en contra del movimiento diurno. Si las hipótesis copernicanas hubiesen de ser tomadas al pie de la letra, esto es, realístamente, entonces su sistema era a todas luces falso. Si la Tierra se moviese, entonces la Tierra se disgregaría, las nubes se retrasarían hacia occidente, los pájaros experimentarían una gran dificultad en su vuelo hacia oriente, las piedras no caerían según la vertical... Es así que estas consecuencias de la hipótesis del movimiento terrestre no se cumplen, luego la Tierra no se mueve.

Si Copérnico hubiese adoptado un punto de vista instrumentalista de corte ptolemaico, si sus hipótesis fuesen meras "hipótesis matemáticas" de los astrónomos, su teoría se hubiese visto exenta no sólo de la crítica física (mecánica), sino también de la religiosa. No deja de ser revelador el hecho de que así fue interpretada —y aceptada sin más problemas— su astronomía. En 1532, el Secretario particular de León X expuso el sistema copernicano a un auditorio selecto, interesado y favorable en los jardines vaticanos. Además, la condena retrospectiva de sus teorías y la inclusión del *De Revolutionibus* en el Índice no se produjeron hasta 1616. ¿Qué había ocurrido mientras tanto?

III. *La Revolución Copernicana*

Si las dificultades que se les planteaban a los partidarios del movimiento terrestre eran tan grandes, difícilmente se puede estar de acuerdo con A. Koestler (cf. su 1959, pág. 72) en su juicio desfavorable acerca de Ptolomeo. En aquella época, hubiese sido una locura adoptar el heliocentrismo —tal como estaba planteado— frente a un sistema geométrico del alcance y fecundidad del ptolemaico. Con todo, la situación en el siglo XVI no había cambiado sustancialmente. Los viejos argumentos contra el movimiento diurno no habían sido alcanzados por la crítica. A pesar de todo, la situación no era la misma. Muchos años de intentos infructuosos de articular la teoría, junto con una gran cantidad

de construcciones excesivamente artificiales y *ad hoc*, habían minado la confianza en la teoría ptolemaica. Por eso ahora, una vez más, se podía replantear la vieja alternativa griega en pie de igualdad con la geocéntrica, pues la falta de desarrollo de aquélla se veía compensada por el fracaso de ésta.

De todos modos, las dificultades del movimiento terrestre seguían en pie y el sistema era tan absurdo físicamente que, como decía Burt (1924, pág. 21) un empirista trasladado al siglo xvi hubiese sido el primero en rechazar el copernicanismo. Esta consecuencia era especialmente dramática por cuanto que el realismo copernicano le había cerrado el paso hacia la adopción de estrategias convencionalistas inmunizadoras. Un tanto involuntariamente, el copernicanismo se había comprometido con un punto de vista progresivo, pues planteaba inevitable e improrrogablemente la necesidad de mejorar la teoría ante las críticas clásicas contra el movimiento diurno.

Copérnico se había planteado la dificultad sin resolverla lo más mínimo. Sus intentos de solución son metafísicos y verbalistas; vale decir, no explican nada. La rotación de la Tierra no disgrega sus partes porque dicha rotación es *natural* y no *violenta*, y un movimiento *natural* no puede atentar contra la *naturaleza* del móvil (cf. su 1543, cap. VIII). Tal vez consciente de la debilidad del argumento, continúa con un *tu quoque* lanzado contra Ptolomeo. Si temía por la integridad de la Tierra, dada su velocidad, “¿por qué no temió que ello sucediera más bien con el mundo [la esfera celeste] cuyo movimiento ha de ser tanto más veloz cuanto mayor es el cielo que la Tierra” (*ibid.*, pág. 69). Aquí, Copérnico, al argumento *ad hominem*, añade la *ignoratio elenchi*: el mundo supra lunar, compuesto por el quinto elemento (el éter ni ligero ni pesado) perfecto, incorruptible e ingenerable, sólo era compatible con el movimiento circular; el infralunar, por el contrario, al estar sometido a movimientos opuestos, era corruptible, por lo que corría un riesgo con el movimiento “violento” de rotación. Esta posición no era en absoluto más endeble que la de Copérnico, sin embargo la inanidad de la respuesta de éste dejaba a su teoría expuesta a la crítica.

No obstante, la teoría copernicana había lanzado un reto y había logrado romper con una tradición esclerotizada y dogmática. Aunque aristotélico en espíritu (por lo que atañe al realismo físico), no lo era a la letra y su reordenación de los cuerpos planetarios había puesto en entredicho la finitud del mundo. De la afirmación de que la distancia entre la Tierra y el Sol es infinitamente pequeña comparada con la que hay hasta las estrellas fijas (exigida por la ausencia de paralajes) a la afirmación de que esta última puede ser infinita no hay más que un paso (que representa una de las consecuencias involuntarias de la teoría). Además, la ruptura imaginativa del copernicanismo había hecho perder el respeto a los viejos dogmas. Por otro lado, los argumentos en pro del movimiento terrestre habían aplicado las leyes del mundo sublunar al mundo celeste, con lo que la vieja distinción había quedado anulada, convirtiendo a la Tierra en un laboratorio cuyos análisis podrían aplicarse a la astronomía.

En física, fue G. Bruno el que aceptó por primera vez el reto copernicano. Su hábil combinación de la teoría del *impetus* con la idea de "sistema mecánico" (Bruno, *La Cena de le Ceneri*, iii, 5, en 1830, V. I., pág. 171) es, precisamente, un intento de hacer el copernicanismo mecánicamente consistente frente a las críticas ptolemaicas al movimiento diurno, mejoradas por Tycho Brahe. En este momento, el copernicanismo comenzó a ser tomado "en serio" y no ya como una mera hipótesis matemática capaz de simplificar los cálculos *more* Osiander. En este momento se reveló la verdad del nuevo universo infinito, atrayendo sobre sí la condena eclesiástica. Pero fue Galileo quien, haciendo suya la cosmología copernicana, se impuso como tarea (en el *Dialogo* de 1632) defenderla frente a la crítica de los argumentos clásicos. Fue el esfuerzo en este sentido el que le llevó (en los *Discorsi* de 1638) a la fundamentación de la nueva ciencia. Más aún, su impío uso del *cannochiale* descubrió un infinito de estrellas más allá de las visibles, las fases de Venus, los "planetas" de Júpiter, descubrimientos que apoyaban —esta vez empíricamente— la cosmología copernicana.

Si cabe a G. Bruno el mérito de haber atraído sobre el copernicanismo la atención y la condena de la Iglesia Católica encargada de defender el dogma de un aristotelismo canonizado, mostrando así todas las consecuencias de que estaba preñada la nueva cosmología, cumple a Galileo haber sido el primero en darle un fundamento mecánico, llevando a cabo aquella revolución que Copérnico no había hecho más que ayudar a plantear.

Sin embargo, los trabajos de Galileo, a pesar de las correcciones posteriores al año 1638, se habían limitado al terreno cinemático. Es mérito de Kepler el haber abordado los problemas dinámicos de la física celeste. Ya Copérnico había rechazado la tesis aristotélica del motor inmóvil, pero será Kepler quien intente plantear el problema de las fuerzas motoras, aunque su incapacidad para abandonar completamente la idea animista de acción a distancia no cumple tratarla aquí. Con todo, es Kepler quien, en otro orden de cosas, en el de los principios del procedimiento astronómico, realizó una revolución efectiva. Sus intentos por reducir la órbita de Marte a los principios de la ortodoxia copernicana le llevaron a rechazar, una tras otra, la exigencia de los movimientos circulares y la de las velocidades uniformes. Es aquí donde, por primera vez, las exigencias del pitagórico Platón se ven sustituidas por las de una mente no menos profundamente pitagórica. Si la revolución copernicana la hizo Galileo en el mundo infralunar, Kepler la cumplió en el supralunar. De este modo, los problemas planteados por Copérnico llevaron a una revolución científica, cuyas dificultades iban a ser el punto de partida de otra revolución no menos importante, aunque más conspicua, debida a Newton.

* * *

He intentado mostrar de qué modo la revolución copernicana no es obra del propio Copérnico, sino de Bruno, Galileo, Kepler y quienes supieron captar y aceptar el reto que la cosmología copernicana les había lanzado. He intentado mostrar cómo la teoría de Copérnico era la de un hombre aferrado a la ortodoxia clásica que reaccionaba

contra las licencias ptolemaicas en virtud del ideal de la cosmología de los griegos, ignorando en gran medida las consecuencias de lo que él consideraba un arreglo —sin duda importante— dentro del marco tradicional. Tal vez sea este el momento de volver sobre las primeras páginas del artículo para replantear el problema allí señalado: el carácter revolucionario o reaccionario de Copérnico.

Aunque no estoy interesado en las *definiciones persuasivas* ni en el carácter laudatorio o denigratorio de otorgar o no a Copérnico el prestigioso calificativo de “revolucionario”, espero haber conseguido mostrar el alcance y repercusiones de su trabajo. Si tomamos como punto de referencia las especificaciones que según T. S. Kuhn (1969, págs. 280-7) definen un *paradigma* (esa especie de *marco conceptual*, cuyo cambio determina una revolución científica), el resultado no puede ser más ambiguo si tratamos de aplicarlas a Copérnico. Si las aplicamos a sus sucesores, no puede ser más claro.

En efecto, por lo que respecta a los expedientes matemáticos utilizados por Copérnico no encontramos ninguna innovación ni mejora frente a los ptolemaicos (cf. Derek J. de S. Price, 1969; especialmente pág. 209). Lo único que encontramos en este terreno es una restricción en lo que atañe a los mecanismos permitidos. Como habíamos visto, los *ecuantas* fueron rechazados por su incompatibilidad con la ortodoxia platonizante. Precisamente esa ortodoxia señala otro de los aspectos más acusados del conservadurismo del canónigo Copérnico. Los principios metodológicos generales de la construcción de explicaciones válidas, los valores científicos que guían su tarea profesional, no sólo se conservan, sino que se hacen más exigentes. Las “licencias geométricas” son impermisibles. Sin embargo, los modelos ontológicos cambian efectivamente, el cuadro cosmológico se trastoca totalmente, lo cual, unido al realismo copernicano, constituye sin duda el aspecto revolucionario de Copérnico. Mas dicho carácter revolucionario, como hemos visto, se le escapó al propio autor que no veía en ello más que una vuelta a los antiguos ideales y un arreglo doméstico en la distribución del viejo material.

Aunque la última afirmación es un tanto audaz,* Copérnico no era personalmente un revolucionario. Pero su "arreglo doméstico", combinado con el espíritu realista del renacimiento, planteó unos problemas insoslayables cuyo tratamiento exigía efectivamente una revolución. Ésta se produjo en dos vertientes, como se ha apuntado. En astronomía la situación era tal que Kepler, el primero que intenta aplicar los modelos copernicanos a la resolución de un problema (la órbita de Marte) bien precisado gracias a las observaciones de Tycho Brahe, se ve obligado a prescindir (leyes i-iii) de los procedimientos resolutorios enmarcados en el ideal del movimiento circular y uniforme. En la mecánica, Galileo logró por primera vez plantear los argumentos contrarios al movimiento terrestre en términos mecánicos, refutándolos mecánicamente. Lo cual exigía trastocar la mecánica antigua. Estas dos realizaciones, las de Kepler y Galileo, cambian efectiva y drásticamente todos los elementos definatorios de un *paradigma*. No cumple entrar ahora en la discusión detallada del cambio que introdujeron en sus campos respectivos; pero una comparación con las variaciones copernicanas al marco tradicional puede darnos una buena idea del alcance de la revolución copernicana y de quienes la llevaron a efecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUNO, G., 1830, *Opere Italiane*, ed. Wagner, Lipsiae. (Cit. en A. Koyre, 1966, págs. 174-5.)
- BURTT, E. A., 1924, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1924.
- CLAGETT, M. (ed), 1969, *Critical Problems in the History of Science*, The University of Wisconsin Press, Madison, 1969.
- COPÉRNICO, N., 1543, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*; trad. cast. del L. I., *Las Revoluciones de las esferas celestes*, Eudeba, Buenos Aires, 1965.
- HANSON, N. R., 1973, *Constellations and Conjectures*; ed. W. C. Humphreys Jr. D. Reidel Publ. Co., Dordrecht-Holland/Boston. USA.

* No demasiado, sin embargo. Cf. F. Hoyle, 1973, págs. 79 y sigs.

- HOYLE, F., 1973, *Nicolaus Copernicus*, Heinemann, Londres, 1973.
- KOESTLER, A., 1959, *The Sleepwalkers*, Hutchinson and Co., London, 1959; trad. cast., *Los Sonámbulos*, Eudeba, Buenos Aires, 1963.
- KOYRE, A., 1966, *Études Galiléennes*, Hermann, Paris, 1966.
- KUHN, T. S., 1957, *The Copernican Revolution*, Vintage Books, New York, 1957.
- , 1962, *The Structure of Scientific Revolutions*, Phoenix Books Chicago, 1962. Trad., *La Estructura de las Revoluciones científicas*, F. C. E., México, 1971.
- , 1969, *Posdata: 1969*, en Kuhn, 1962 (ed. cast.).
- POPPER, K. R., 1963, *Conjectures and Refutations*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1963. Trad. cast. *El Desarrollo del Conocimiento científico*, Paidós, Buenos Aires, 1967.
- , 1968, "On the The Theory of Objective Mind", ahora en Popper, 1972 (con algunas ampliaciones). Trad. cast. en *Ensayos de Filosofía de la ciencia*, Ariel, Barcelona, 1970, págs. 202-37.
- , 1972, *Objective Knowledge*, Oxford at the Clarendon Press, 1972.
- PRICE, D. J. de S., 1969, "Contra Copernicus", en Clagett, 1969; págs. 197-218.
- TATON, R. (ed.), 1966, *Histoire Générale des Sciences*, vol. I, P.U.F., París, 1966. Trad. cast. Destino, Barcelona, 1971.
- TOULMIN, S., 1961, *The Fabric of Heavens*, Huntchinson and Co., Londres, 1961. Trad. cast. *La Trama de los Cielos*, Eudeba, Buenos Aires, 1963.